

**М. А. Головнин\***

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
г. Екатеринбург

\* *max-golovnin@yandex.ru*

Научный руководитель – проф., д-р техн. наук Ю. Н. Логинов

## РАЗДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ И СТАТИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩИХ НАГРУЗКИ ПРИ ЛИСТОВОЙ ПРОКАТКЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Выполнен анализ реальных скоростных и нагрузочных диаграмм, полученных при прокатке алюминиевых сплавов. Определены периоды разгона и торможения прокатного стана, а также период стационарной прокатки. Методом сравнения крутящих моментов с учетом скоростей на диаграмме трапецеидального вида определен динамический момент прокатного стана.

*Ключевые слова:* листовая прокатка, алюминиевые сплавы, нагрузочная диаграмма, скоростная диаграмма.

**М. А. Golovnin**

## SEPARATION OF DYNAMIC AND STATIC COMPONENTS OF THE LOAD DURING SHEET ROLLING OF ALUMINIUM ALLOYS

The analysis was being executed of real speed and load impedance diagram which were obtained by rolling aluminum alloys. It was defined accelerating period and deceleration of the rolling mill as well as stationary rolling period. It was defined dynamic torque of the rolling mill by using method of comparison the rolling torques taking into account speeds in diagram of trapezoidal species.

*Keywords:* plate and list rolling, aluminum alloys, moment scheme, velocity scheme.

Анализ энергетических затрат [1] и производство полуфабрикатов из алюминиевых сплавов с заданным уровнем свойств [2], в том числе с эффектом структурного упрочнения [3] основаны на адекватном назначении параметров прокатки. Вместе с тем при горячей прокатке алюминиевых сплавов до сих пор мало изучены вопросы изменения свойств металла как в течение самого прохода реверсивной прокатки, так и в паузах между проходами. Для лучшего понимания поведения металла можно применить нагрузочные диаграммы привода прокатного стана.

Однако при этом придется учесть статические и динамические составляющие энергосиловых параметров.

Для анализа отобранные нагрузочные диаграммы привода прокатного стана 2840 ОАО «Каменск-Уральский металлургический завод». В системе мониторинга запись параметров прокатки производится в функции времени. Момент прокатки автоматически вычисляется системой, являющейся функцией тока двигателя прокатного стана. Допускаемый момент прокатки в свою очередь ограничен значением 2200 кНм, превышение которого может привести к проворачиванию муфт, надетых на валы электродвигателя.

Горячая прокатка слябов из алюминиевых сплавов осуществляется в реверсивном режиме. При этом из-за увеличения от прохода к проходу длины проката, время прокатки по проходам непрерывно увеличивается. В соответствии с этим изменяются режимы прокатки. При малом времени прокатки в первых проходах скоростная диаграмма выглядит как график треугольного вида: стан удаётся разогнать до пиковой нагрузки, а затем производить торможение. В этом случае измеряемый момент прокатки  $M$  постоянно зависит от двух составляющих: статического момента  $M_{ст}$  и динамического момента  $M_{дин}$ :

$$M = M_{ст} + M_{дин}.$$

Разделить измеряемый момент на две составляющие по внешнему виду графика и совместном их действии не удастся. В некоторых случаях для расчета динамического момента привлекают понятие махового момента, который вычисляется по инерционным характеристикам привода стана. Определить последние величины возможно только с некоторыми погрешностями, так как на него влияет переменная масса валковой системы вследствие переточек валков и другие факторы.

Наиболее целесообразно определять момент в ходе непосредственных измерений, что возможно при грамотной обработке диаграмм нагружения и скоростных диаграмм.

Описанная выше ситуация с наличием двух видов крутящих моментов изменяется в последних проходах прокатки, где длина полосы становится значительной, и прокатный стан удаётся вывести в режим прокатки с постоянной скоростью. В этом случае говорят о наличии скоростной диаграммы трапецеидального типа. Здесь выполняется условие  $M_{дин} = 0$ , что приводит к равенству  $M = M_{ст}$ .

На рис. представлены нагрузочные и скоростные диаграммы  $k-1$  и  $k-2$  прохода прокатки, здесь  $k$  – номер конечного прохода, по горизонтали – ось времени.

Как видно из графика, изменение скорости выглядит как кривая трапецеидального типа, уступы на стенках трапеции представляют собой

переключение скоростей привода. Смена знака фиксирует реверс привода. Во время разгона стана пиковые моменты равны +546 и -602 кНм. Разница  $\Delta$  между ними, как в первом, так и втором случае равна 154 кНм, эта разница и составляет динамический момент прокатки.

Проверка показала, что при прокатке других слябовых заготовок эта величина сохраняет свое значение.

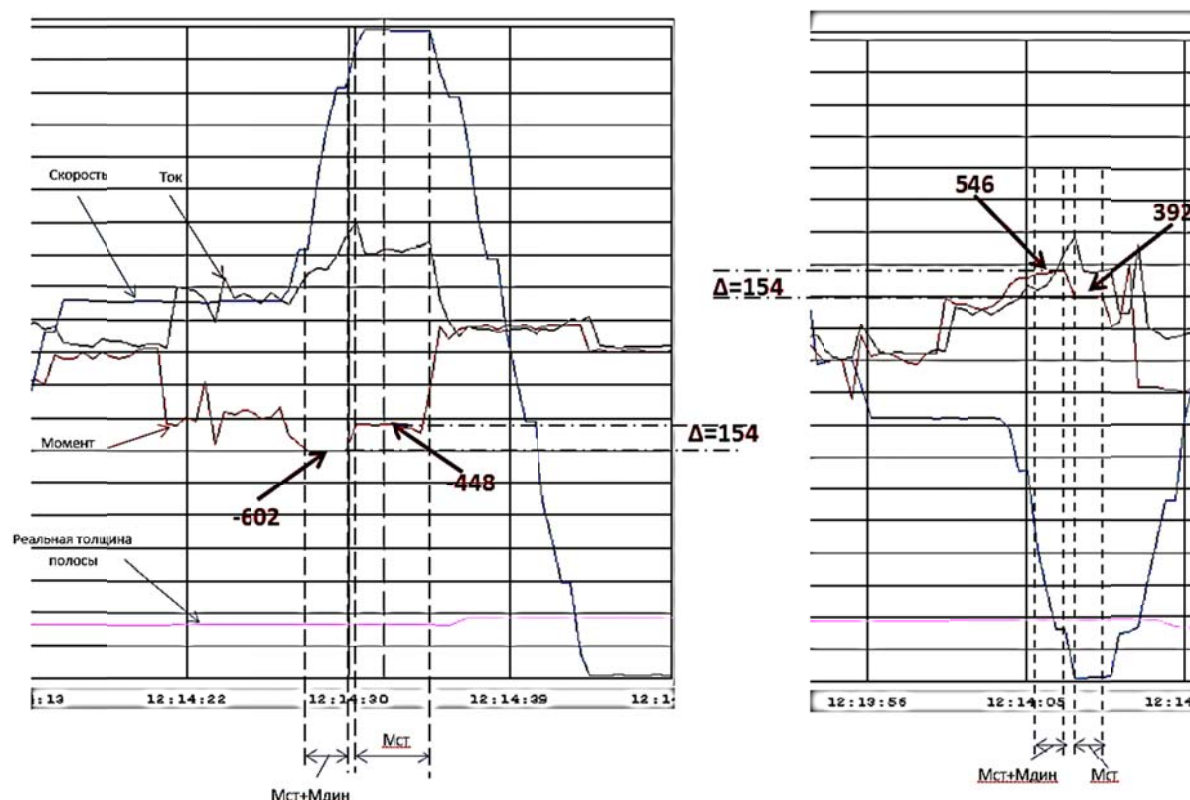


Рис. Вид нагрузочных и скоростных диаграмм стана 2840 для  $k-1$  и  $k-2$  прохода прокатки

Полученные данные позволяют адекватно обрабатывать нагрузочные диаграммы при соответствующих им скоростных диаграммах треугольного вида: из записанных значений крутящих моментов теперь можно вычитать определенное значение динамического момента и определять значение статического момента. В свою очередь, определение величины статического момента позволяет выполнить расчеты сопротивления деформации по проходам прокатки, что показано в статье [4]. После этого создается возможность оценки полноты прохождения процессов динамической и статической рекристаллизации. Последний вопрос постоянно возникает в условиях горячей прокатки, поскольку от этого зависит структура сплава и его механические характеристики [5, 6], включая анизотропию свойств [7].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Логинов Ю. Н. Анализ энергозатрат при горячей прокатке листовых полуфабрикатов из алюминия / Ю. Н. Логинов // Производство проката. 2005. № 4. С. 19–24.
2. Середкина М. Ю. Скоростные параметры горячей прокатки заготовок из алюминиевых сплавов / М. Ю. Середкина, Ю. Н. Логинов // XIV Международная научно-техническая Уральская школа-семинар металлосведов – молодых ученых: сб Екатеринбург, 2013. С. 186–189.
3. Логинов Ю. Н. Влияние скорости деформации на эффект структурного упрочнения прессованных труб из алюминиевого сплава 6061 / Ю. Н. Логинов, О. Ф. Дегтярёва // Технология легких сплавов. 2007. № 4. С. 123–127.
4. Логинов Ю. Н. Методика определения параметров скоростного упрочнения алюминиевого сплава при горячей прокатке / Ю. Н. Логинов, М. А. Головнин // Металлы. 2017. № 2. С. 33–38.
5. Логинов Ю. Н. Модель описания деформации алюминиевых сплавов при их горячей прокатке с учетом рекристаллизационных процессов / Ю. Н. Логинов, М. Л. Лобанов, М. А. Головнин // Заготовительные производства в машиностроении. 2016. № 9. С. 32–36.
6. Взаимосвязь кристаллографических ориентировок зерен при горячей деформации и рекристаллизации в алюминиевом сплаве АМг6 / Г. М. Русаков [и др.] // Металловедение и термическая обработка металлов. 2014. № 12 (714). С. 15–21.
7. Исследование влияния технологии производства плоского проката из сплава системы Al–Mg–Si на анизотропию свойств. / Ю. Н. Логинов [и др.] // Технология легких сплавов. 2016. № 3. С. 69–74.